

# PENDUGAAN EROSI DENGAN MENGGUNAKAN METODA USLE (UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION)

Oleh : *Ir. Sugeng Wijono\**

## Pendahuluan

Akhir-akhir ini terpetik berita bahwa sedimentasi yang terjadi di Waduk Wonogiri begitu hebat, bahkan kemungkinan akan memperpendek fungsi Waduk. Adanya sedimentasi dikarenakan oleh erosi yang berjalan intensif di daerah aliran sungai (DAS). Tulisan ini hendak mengutarakan salah satu pendugaan erosi dari metoda parametrik yang dikenal dengan metoda USLE (Universal Soil Loss Equation).

Erosi merupakan suatu proses pindahnya atau terangkutnya butir-butir tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami (Arsyad, 1983). Proses erosi oleh air merupakan kombinasi dua sub proses yaitu (1) penghancuran struktur tanah menjadi butir-butir primer oleh energi tumbuk butir-butir hujan yang jatuh menimpa tanah dan perendaman oleh air yang tergenang (proses dispersi), dan (2) pengangkutan butir-butir primer tanah tersebut oleh air yang mengalir di permukaan tanah. Pada prinsipnya erosi hanya akan terjadi jika ada bagian yang diangkut dan media yang mengangkutnya (Wishmeier dan Smith, 1978). Khususnya dalam tulisan ini hanya membahas erosi yang disebabkan oleh media air.

Ada dua pengertian erosi yaitu erosi alami dan erosi dipercepat. Erosi alami merupakan erosi yang kecepatannya sama atau lebih kecil dari kecepatan pembentukan tanah. Erosi dipercepat adalah erosi yang kecepatannya lebih besar daripada kecepatan pembentukan tanah.

## Metoda USLE (Universal Soil Loss Equation)

Erosi sangat dipengaruhi oleh iklim/curah hujan (i), topografi (r), vegetasi (v), tanah (t) dan manusia (m) yang dapat dinyatakan dalam persamaan diskripsi sebagai berikut :

$$E = f(i, r, v, t, m).$$

Bentuk persamaan di atas adalah sangat umum dan tidak menguraikan hubungan tiap faktor erosi maupun efek kombinasi dari faktor erosi yang berpengaruh.

Penelitian yang dilakukan beberapa tahun di Amerika telah menghasilkan persamaan yang sangat tepat yaitu persamaan USLE untuk meramal besarnya erosi lembar ataupun erosi parit (Wishmeier, et.al., 1958).

Bentuk persamaan tersebut adalah :

$$A = R K L S C P$$

- A = besarnya erosi yang terjadi dalam ton/ha/tahun.
- R = faktor erosivitas hujan, merupakan nilai indeks curah hujan — erosi setempat yang didapat dari catatan pengamatan hujan. Indeks curah hujan — erosi adalah perkalian antara energi kinetik hujan dengan intensitas hujan maksimum 30 menit.
- K = faktor erodibilitas tanah yaitu besarnya erosi yang terjadi dalam ton/ha per satuan indeks erosivitas hujan dari tanah yang terletak pada kecuraman lereng 9% dan panjang lereng 22 m di bawah keadaan bera tanpa tanaman dan tindakan konservasi tanah lainnya.
- L = faktor panjang lereng, merupakan rasio kehilangan tanah dari suatu lereng dengan panjang tertentu terhadap kehilangan tanah dari lereng yang dinyatakan untuk faktor K.
- S = faktor kecuraman lereng, merupakan rasio kehilangan tanah dari suatu tanah dengan kecuraman lereng tertentu terhadap kehilangan tanah dari lereng yang dipergunakan untuk menentukan faktor K.
- C = faktor tanaman-sistem pengelolaan yang merupakan pengaruh gabungan antara jenis

<sup>\*)</sup>Anggota (Staf Pengajar Jurusan T. Geologi FT. UGM)

tanaman, pengelolaan sisa-sisa tanaman, tingkat kesuburan tanah, cara dan waktu pengelolaan tanah. Faktor C merupakan rasio kehilangan tanah yang diusahakan untuk suatu tanaman dengan suatu sistem pengelolaan terhadap kehilangan tanah dari tanah yang terus menerus diusahakan tanpa tanaman di atas suatu jenis tanah, kecuraman dan panjang lereng yang identik.

$P$  = faktor tindakan konservasi tanah khusus. Nilai  $P$  merupakan rasio hilangnya tanah di bawah suatu tindakan konservasi tanah terhadap hilangnya tanah dari tanah yang diolah menurut lereng di bawah kondisi yang identik.

### Faktor Erosivitas Hujan ( $R$ )

Suatu sifat hujan yang sangat penting dalam mempengaruhi erosi adalah energi kinetik hujan tersebut, oleh karena merupakan penyebab pokok dalam penghancuran agregat-agregat tanah. Dengan demikian dapat dianggap bahwa energi kinetik hujan dapat dengan mudah dihitung dari rumus dasar :

$E = \frac{1}{2} m v^2$ , di mana  $E$  adalah energi kinetik,  $m$  adalah masa butir dan  $v$  adalah kecepatan jatuhnya. Wischmeier dan Smith (1958) telah menghitung energi kinetik hujan dengan mengingat distribusi ukuran butir dan kecepatan jatuh butir hujan untuk tiap intensitas hujan. Berdasarkan data-data ini suatu bentuk empiris antara intensitas hujan dan energi kinetik hujan dapat ditentukan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$E = 210.3 + 89 \log I$$

$E$  = energi kinetik dalam metrik ton meter per hektar per sentimeter hujan dan  $I$  adalah intensitas hujan dalam sentimeter per jam. Bentuk persamaan ini berlaku untuk suatu periode dengan intensitas hujan yang konstan. Oleh karena itu total energi kinetik dengan intensitas hujan yang bervariasi dapat dihitung dengan persamaan :

$$E = \sum R_j (210 + 89 \log I_j)$$

$R_j$  adalah jumlah hujan pada satu periode hujan (cm) dan  $I_j$  adalah intensitas hujan tiap periode hujan. In-

tensitas hujan yang bertambah ini tidak hanya menghasilkan energi hujan yang lebih tinggi, tetapi kemungkinan aliran permukaan akan bertambah karena intensitas hujan yang terjadi menjadi lebih besar daripada infiltrasi. Term interaksi energi dengan intensitas maksimum 30 menit didapat dari hubungan :

$$E = \sum E (I_{30} \cdot 10^{-2})$$

yang bermakna  $EI_{30}$  adalah interaksi energi dengan intensitas maksimum 30 menit,  $E$  adalah energi kinetik selama periode hujan dalam ton meter per hektar,  $I_{30}$  adalah intensitas maksimum 30 menit dalam cm per jam.

Penentuan indek erosi hujan didasarkan atas besarnya  $EI_{30}$ , sehingga  $EI_{30}$  dinyatakan sebagai indek potensial erosi hujan atau indek erosi hujan.

Penentuan indek erosi hujan ( $R$ ) dalam metoda USLE adalah menghitung besarnya  $EI_{30}$  yang secara umum dapat dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut : (Keersebilck, 1984)

$$EI_{30} = R = \left[ \sum_{j=1}^n (210.3 + 89 \log I_j)(T_j I_j) \right] \times I_{30}$$

dimana  $R$  = indek erosivitas hujan  
 $I_j$  = intensitas hujan pada periode  $j$ , cm/jam  
 $T_j$  = lamanya periode  $j$ , dalam jam  
 $I_{30}$  = intensitas hujan maksimum 30 menit, dalam cm/jam  
 $n$  = jumlah periode selama hujan.

Untuk menghitung nilai  $EI_{30}$  dengan persamaan tersebut di atas diperlukan penakar hujan otomatis yang mencatat banyak air yang jatuh setiap saat.

Berhubung sangat terbatasnya penyebaran penakar hujan otomatis, maka telah dicoba mendapatkan metoda lain untuk menentukan nilai  $EI_{30}$  dengan menggunakan catatan hujan yang umumnya tersedia. Lenvain (1975 dalam Arsyad, 1983) mendapatkan hubungan antara  $EI_{30}$  dengan curah hujan tahunan ( $R$ ) sebagai berikut :

$$EI_{30} = 2.34 R^{1.98}$$

Kemudian Bols (1978 dalam Wiersum, 1979) telah mengembangkan persamaan penduga  $EI_{30}$  sebagai berikut :

$$EI_{30} = 6.119 (RAIN)^{1.21} (DAYS)^{-0.47} (MAXP)^{0.53}$$

yang bermakna  $EI_{30}$  adalah erositivitas hujan bulanan, RAIN adalah curah hujan rata-rata bulanan dalam cm, DAYS adalah jumlah hari hujan rata-rata per bulan, dan MAXP adalah curah hujan maksimum selama 24 jam dalam setiap bulan.  $EI_{30}$  tahunan adalah jumlah  $EI_{30}$  bulanan.

Hudson (1965) dari penelitiannya di Rhodesia mendapatkan bahwa besar tenaga kinetik untuk setiap curah hujan yang mempunyai intensitas lebih besar 25 mm per jam ( $KE > 25$  mm/jam), mempunyai korelasi dengan erosi yang lebih baik daripada indeks erosi  $EI_{30}$ .

Penelitian di Indonesia sejak tahun 1974/1975 telah menunjukkan bahwa  $EI_{30}$  dan  $KE > 25$  merupakan indeks erosi yang mempunyai koefisien korelasi dengan erosi yang paling besar (Aman Barus dan Suwardjo, 1977).

#### Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Erodibilitas tanah menunjukkan mudah tidaknya tanah mengalami erosi. Hal ini terutama bergantung pada dua sifat tanah yaitu stabilitas agregat tanah dan kapasitas infiltrasi tanahnya. Metoda utama dalam menentukan K adalah mengeplot hasil erosi dengan menggunakan keadaan standard pada panjang lereng 22 m dan kemiringan lereng 9%, dengan keadaan tanah terbuka tidak ada vegetasi sama sekali. Faktor erodibilitas tanah K dalam USLE berdasarkan pada kejadian erosi yang timbul pada beberapa pengukuran. Jenis pengukuran ini memerlukan peralatan laboratorium dan pengamatan dalam periode lama. Wischmeier et.al. (1971) mengembangkan suatu nomograf untuk menghitung faktor K dalam USLE yaitu dengan menggunakan kedua data tentang kondisi profil di lapangan dan analisa data. Metoda ini memerlukan 5 sifat tanah antara lain % silt dan pasir halus, % pasir yang diameternya lebih 0.1 mm, % material organik, struktur tanah secara umum, permeabilitas tanah secara umum (Gambar 1). Indeks erodibilitas lainnya ditentukan berdasarkan data analisa sifat tanah tertentu yang diamati di

laboratorium. Metoda penentuan erodibilitas tanah (K) dalam USLE ditentukan dengan nomograf erodibilitas tanah yang berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$100 K = 2.1 M^{1.14} (10^{-4})^{(12-a)} + 3.25(b-2) + 2.5(c-3)$$

dimana M adalah (% debu + % pasir sangat halus)(100-% liat), a adalah bahan organik tanah (%), b adalah kode struktur tanah yang meliputi 1. granular sangat halus, 2. granular halus, 3. granular sedang sampai kasar, 4. blokcy, plat atau masiv, serta c adalah kelas permeabilitas profil yang meliputi sangat lambat, lambat-sedang, sedang, sedang-cepat, dan cepat.

Dari data-data yang terkumpul telah disimpulkan bahwa tanah yang berkembang dari batuan sedimen Tersier lebih mudah terkena erosi daripada tanah yang berkembang dari batuan vulkanik Kwartir (Wiersum, 1979).

#### Faktor Panjang dan Kecuraman Lereng (LS)

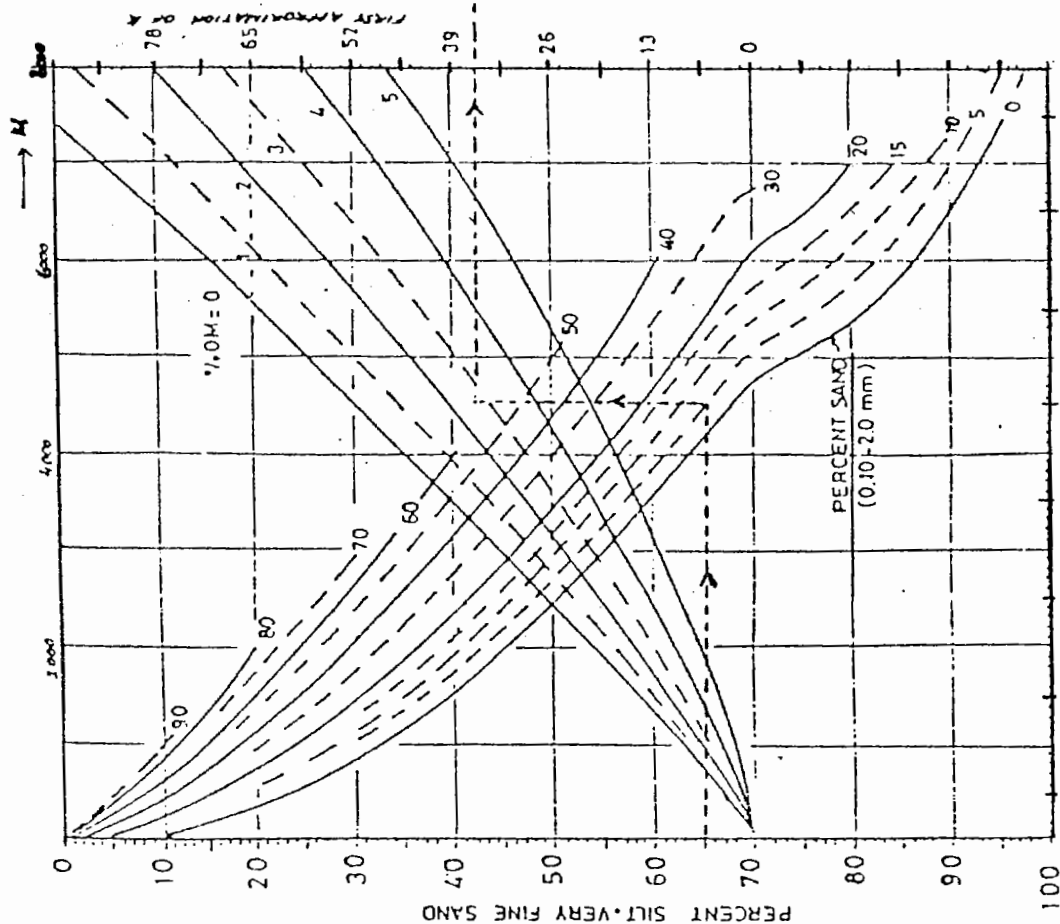
Kerusakan erosi yang tinggi selalu berasosiasi dengan lereng yang lebih curam. Kehilangan tanah per satuan luas cenderung lebih tinggi dan meluas daripada daerah dengan kecuraman sama dan panjang lereng lebih pendek. Kecuraman lereng dalam persen (s) dan panjang lereng dalam meter (λ) adalah bagian yang terukur secara kuantitatif dalam USLE yang secara dimensional disebut faktor S dan L. Faktor S dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$S = \frac{0.43 + 0.33 s + 0.43 s^2}{6.613}$$

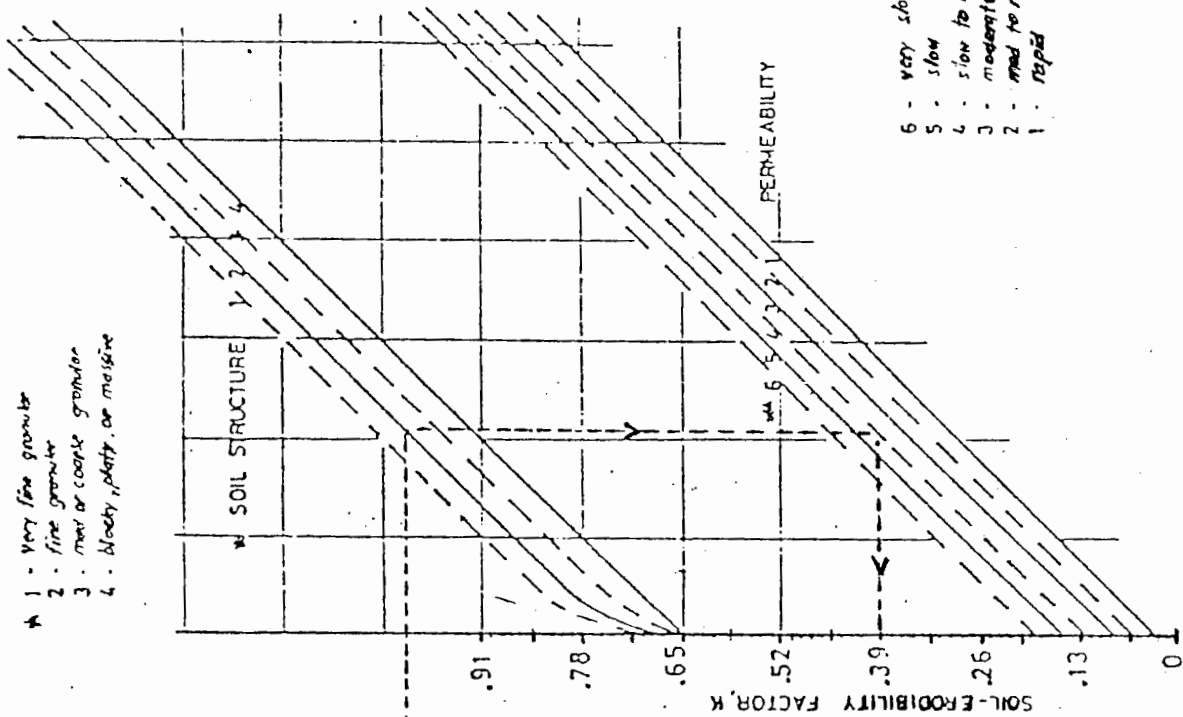
Persamaan tersebut menjadi sama dengan 1, jika s adalah 9%. Banyaknya tanah tererosi bergantung dari panjang lereng yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$L = \left( \frac{\lambda}{22.13} \right)^m$$

dimana nilai eksponen m mempunyai kisaran dari 0.5 sampai 0.9 (dan kemungkinan 1.1. di daerah tropika), tergantung lereng yang mewakili. Untuk daerah tropis



- 1 - Very fine granular
- 2 - fine granular
- 3 - med or coarse granular
- 4 - blocky, platy, or massive



- 6 - very slow
- 5 - slow
- 4 - slow to med
- 3 - moderate
- 2 - med to rapid
- 1 - rapid

Gambar 1. Soil Erodibility Monograph (After Wischmeier, 1971) K Values In Metric Units.

di mana  $m$  mendekati harga 1, maka nilai faktor LS dapat disajikan sebagai berikut : (Kurnia dan Suwardjo, 1984) :

$$LS = \sqrt{\lambda} (0.00138 s^2 + 0.00965 s + 0.0138)$$

dimana  $\lambda$  adalah panjang lereng dalam meter dan  $s$  adalah kemiringan lereng dalam %.

Dalam praktek nilai panjang lereng dan kecuraman lereng diamati secara umum sebagai kombinasi faktor topografi, dicari dengan tabel atau grafik LS.

### Faktor Tanaman dan Pengelolaannya (C)

Pengelolaan tanaman terdiri dari dua bagian yaitu pemilihan penggunaan tanah dan pengelolaannya serta yang kedua adalah pengelolaan tanaman. Pemilihan penggunaan tanah dan pengelolaannya dipisahkan atas bentuk vegetasi dan pengelolaan yang mempunyai nilai proteksi berbeda, tergantung pada ciri-ciri vegetasi dari tanaman. Beberapa kisaran data terdahulu dari nilai proteksi (faktor C) dibawah pengelolaan dan vegetasi berbeda di Indonesia dan sekitarnya dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1. Kisaran faktor C dari berbagai vegetasi dan pengelolaan di Indonesia (Coster, 1938)**

	Factor C
Hutan tidak terganggu	0.01
tanpa semak, dengan serasah	0.03
tanpa semak dan serasah	0.5
Tanaman semak belukar, tidak terganggu	0.01
Tanaman rumput, pengelolaan baik — padang rumput	0.01
alang-alang, mantap — baik	0.02
sebagian alang-alang terbakar	0.06
rumput citroenella	0.65
Pertanian, tanaman berakar (singkong, kentang)	0.63
tanaman berbiji (padi, jagung, gandum)	0.51
tanaman merambat (kacang tanah, kedelai)	0.36
tanaman campuran (akar, bijih, dan merambat)	0.43
jerami)	0.14

Pada umumnya semua pengukuran yang mencakup pengelolaan tanah dan pertumbuhan bertujuan untuk mengurangi erosi.

Beberapa metoda yang dapat digunakan antara lain,

Kesuburan, memberikan aspek pengembangan lebih cepat dan lebih baik, akibatnya proporsi tanah yang membutuhkan akan lebih tinggi. Kesuburan dapat menjadi faktor konservasi.

Kerapatan tanaman yang lebih tinggi akan dihasilkan penutup tanaman lebih baik dan mengurangi terjadinya erosi.

Penggunaan tanaman penutup di antara tanaman pangan akan memperkecil terjadinya erosi.

Rotasi tanaman yang baik dapat menjamin tanah menjadi baik, karena tertutupnya tanah selama beberapa tahun.

Pemberian mulsa merupakan bentuk kontrol erosi yang sangat efektif.

### Faktor Pengawetan Tanah (P)

Faktor pengawetan tanah yang merupakan kontrol terhadap erosi adalah rasio besarnya erosi dengan menggunakan cara pengawetan tanah tertentu dibandingkan dengan besarnya erosi menggunakan cara bertanam searah lereng bukit (Keersebilck, 1984). Faktor pengawetan tanah terhadap erosi umumnya termasuk di dalamnya penanaman menurut kontur, penanaman dalam strip menurut kontur dan teras. Faktor pengawetan dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok tindakan mekanis (Wishmeier dan Smith, 1978) nampak jelas pada tabel 2.

**Tabel 2. Faktor pengawetan tanah (P) terhadap erosi (Wishmeier dan Smith, 1978)**

Kelerengtan tanah (%)	Penanaman menurut kontur	Penanaman dalam strip kontur dan irigasi	Terasiring
1 — 2	0.60	0.30	0.12
3 — 8	0.50	0.25	0.10
9 — 12	0.60	0.30	0.12
13 — 16	0.70	0.35	0.14
17 — 20	0.80	0.40	0.16
21 — 25	0.90	0.45	0.18

Penentuan pengawetan tanah dimaksudkan untuk menekan laju erosi yang terjadi agar sesuai dengan

yang diharapkan. Penentuan nilai P ini dihitung dari petak kecil yang dibuat sesuai dengan pengawetan yang dikehendaki, dibandingkan dengan petak kecil lain yang tanpa pengawetan dengan keadaan bera. Rasio erosi yang terjadi merupakan nilai faktor pengawetan ini (Wischmeier dan Smith, 1978).

Berikut ini diberikan suatu contoh sederhana dalam menghitung besarnya erosi yang terjadi, apabila diketahui beberapa data sebagai berikut :

Jenis tanah : Aquic tropudult  
Kecuraman lereng : 6%  
Panjang lereng : 30 m  
Annual erosivity : 951 EI unit terdistribusi.

Selama 1 tahun sebagai berikut :

Januari : 152	Juli : 26
Februari : 137	Agustus : 9
Maret : 132	September : 10
April : 82	Oktober : 43
Mei : 57	Nopember : 107
Juni : 42	Desember : 154

Total keseluruhan : 951

Dilakukan rotasi tanaman sebagai berikut :

Januari — Maret : kacang tanah  
April : kosong  
Mei — Desember : ubi kayu

Periode	K	El <sub>30</sub>	LS	C	P	A (ton/ha)
Jan-Maret	0.24	421	0.58	0.304	1	17.82
April	0.24	82	0.58	1	1	11.41
Mei-Des	0.24	448	0.58	0.636	1	39.66
Total 1 th.	—	951	—	—	—	68.69

Dengan demikian besarnya erosi adalah 68.89 ton/ha/th.

### Kesimpulan

- Terdapat dua pengertian erosi yaitu erosi alami/erosi geologi dan erosi dipercepat. Erosi alami merupakan erosi yang kecepatannya sama atau lebih kecil dari kecepatan pembentukan tanah. Erosi dipercepat adalah erosi yang kecepatannya lebih besar daripada kecepatan pembentukan tanah.
- Erosi dipercepat merupakan jenis erosi yang sangat merugikan bagi lahan pertanian.

- Metoda USLE merupakan metoda yang cukup akurat dalam menduga besarnya erosi tiap tahun, sehingga penanggulangan maupun besarnya erosi yang masih dapat ditolerir tetap dapat tercapai.

### Daftar Pustaka

- Arsyad, S., 1983. Pengawetan Tanah dan Air, Departemen Ilmu-Ilmu Tanah, IPB.
- Aman Barus dan Suwardjo, 1977, Hubungan antara sifat-sifat hujan dengan erosi, Kong. Nas. Ilm. Tnh. II, Yogyakarta.
- Keersebilck, N.C., 1984, Te Erosion of Indonesian Soils, Seminar Jurusan Ilm. Tanah, Fak. Pertanian UGM.
- Wiersum, K.F., 1979., Introduction to Principles of Forest Hydrology and Erosion, Lembaga Ekologi UNPAD, Bandung.
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D., 1958, Rainfall energy and its relation to soil loss. Trans. Am. Geoph. Union 39(2) : 285 — 291.
- Wischmeier, W.H., 1978, Estimating the soil loss equation's cover and management factor for undisturbed areas. In : Present and Prospective technology for predicting sediment yields and sources. Agric. Research Service USDA pp. 118 — 124.